

배전계통에서 재폐로 동작으로 인한 개폐서지 영향 분석

임경섭*, 여상민*, 서훈철**, 성노규*
 성균관대학교*, 기초전력연구원**

Analysis of Switching Surge by Recloser Operation in Distribution System

Kyong-Sub Lim*, Sang-Min Yeo*, Hun-Chul Seo**, No-Kyu Seong*
 Sungkyunkwan University*, KESRI**

Abstract - 배전계통에서 발생한 사고의 80% 이상은 순간고장이다. 따라서, 배전계통에서 재폐로는 계통의 회복 및 신뢰도 향상을 위하여 반드시 필요한 사항이다. 그렇지만, 재폐로 순간 차단기의 동작으로 인하여 개폐서지가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 EMTP를 이용하여 고장 발생 시 차단기의 재폐로 동작을 모의하여 재폐로 동작 시 발생하는 개폐서지를 분석하였다.

Cable) 소자를 사용하고 분포정수 선로 모델을 사용하여 배전선로를 모델링하였다.

1. 서 론

자동 재폐로 차단기(Recloser)는 설치지점의 부하 측 고장 발생 시, 고장전류를 감지하여 지정된 시간에 파전류를 스스로 고속도 차단하고, 자동으로 재폐로 동작을 수행하여 고장구간을 재 가압한다. 순간 고장 시 재폐로 차단기는 차단-재폐로 동작을 되풀이하여 순간 고장을 제거할 수 있는 기회를 제공하고, 이로 인하여 선로의 정전을 예방할 수 있으며, 정정횟수 만큼 동작한 후에 영구개방 됨으로써, 고장구간을 분리하여 정전구역을 최소화할 수 있는 전류 감지식 파전류 보호장치이다[1-2]. 그러나 이러한 재폐로 동작 시 차단기의 동작으로 인한 개폐서지가 발생하게 되며 이러한 개폐서지는 전력품질에 떨어뜨리고, 전력 산업에 널리 사용되고 있는 전력품질에 민감한 소자들의 고장을 유발하는 등의 악영향을 미치고 있다.

따라서 본 논문에서는 순간 고장발생 시 재폐로 동작으로 인해 발생하는 개폐서지를 모의하고 영향을 분석하였다. 실제 배전계통을 모델링하여, 순간고장을 발생시켜 재폐로 동작을 모의하였다.

2. 본 론

2.1 재폐로 모델링

일반적으로 배전계통에서 재폐로 동작은 고장 직후 순시차단이 이루어지며, 순시차단 후 0.5초와 15초 두 번에 걸쳐 재폐로 동작을 수행한다. 이러한 재폐로 차단기를 모델링을 위해 EMTP 내의 MODELS와 TACS 스위치를 사용하여 이러한 동작을 수행하도록 모델링하였다.

2.2 모의계통

본 논문에서는 다음 그림 1과 같은 22.9kV급 배전계통을 EMTP/ATPDraw를 이용하여 계통을 모델링하였다. 그림 1의 배전계통은 그림에 표시된 바와 같이 중성선을 공유하는 2단장주 부분 및 1단장주 부분으로 구성된다. 상단의 13개소 부하는 약 17MVA의 용량을 가지며 하단의 11개소 부하는 약 14MVA의 용량을 가진다. 전체 선로길이는 상단이 약 6km, 하단이 6.8km이다[3]. 개폐서지는 차단기 동작 시 진행파의 왕복 반사에 의하여 발생한다. 따라서, 배전선로는 단거리 선로로서 일반적으로 집중정수 선로 모델을 이용하여 모델링하지만, 개폐서지 분석을 위해 ATPDraw의 LCC(Line Constant

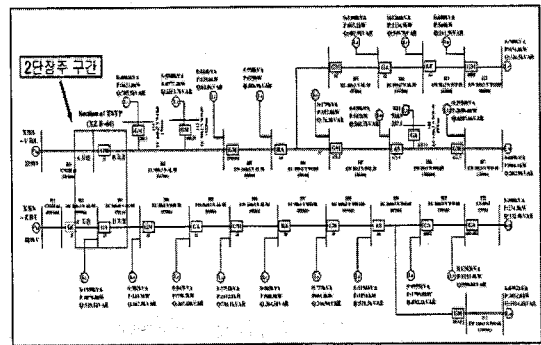


그림 1. 모의계통

2.3 모의 조건

배전계통에서 재폐로 동작 시 개폐서지 분석을 위한 모의 조건은 다음 표 1과 같다. 고장 종류는 1선 지락고장이며, 고장 발생각은 90°이다. 고장발생시간은 0.17초이며, 고장지속시간은 20cycle이다. 고장 발생 시 차단용량을 다양하게 모의하기 위하여 총 부하량의 100% 차단지점, 총 부하량의 50% 차단지점, 총 부하량의 30% 차단지점을 고장점으로 지정하였다. 이 때 고장거리는 표 1에 나타난 바와 같이 상단의 경우 1.5km, 3.9km, 4.4km이며, 하단의 경우 1.2km, 4.4km, 5.9km이다.

표 1. 고장 모의 조건

고장점 [km]	공동조건
Case1 : 상단 1.5	고장 발생각 : 90° 고장상 : A상
Case2 : 상단 3.9	고장발생시간 : 0.170165초
Case3 : 상단 4.4	고장지속시간 : 20cycle 총 모의시간 : 1.2[s]
Case4 : 하단 1.2	차단 횟수 : 2회(순시차단, 재폐로)
Case5 : 하단 4.4	차단시간
Case6 : 하단 5.9	- 고장제거 시 : 0.338165[s]
	- 재폐로 동작 : 0.838165[s]

2.4 시뮬레이션 결과

표 1의 모의 조건에서 Case 1의 경우 고장점에서의 전압 파형은 다음 그림 2와 같다. 그림 2를 통하여 고장은 0.17초에 발생하여 0.338초에 제거됨을 알 수 있다. 또한 고장제거 후 0.5초 후인 0.838초에 재폐로가 수행된 것을 알 수 있다. 또한, 고장발생 시 1선지락고장이므로, 전전상인 B, C상에는 swell 현상이 발생하였으며, 제거

시 큰 서지가 발생하였음을 알 수 있다. 다음 그림 3은 재폐로 순간의 전압파형을 확대한 것이다. 이를 통하여, 진행파에 의하여 선로단에서의 왕복반사에 의하여 재폐로 시 1.61pu의 서지가 발생했음을 알 수 있다.

2단장주 구간에서의 전압파형은 다음 그림 4, 5와 같다. 그림 4로부터, 고장은 상단에서 발생하였으므로 2단장주 구간의 상단에서 재폐로 시 1.4pu의 서지가 발생하였음을 확인할 수 있다. 반면에 그림 5를 통하여 비록 고장발생 및 고장제거 순간에서는 서지가 발생하였지만, 재폐로 시에는 서지가 발생하지 않았음을 확인할 수 있다.

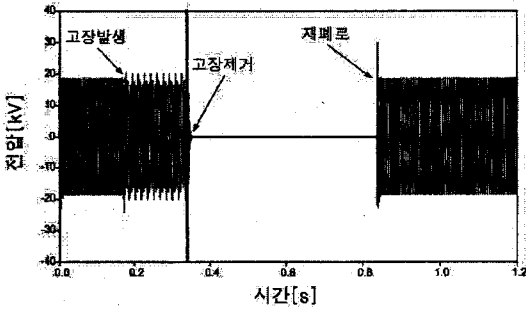


그림 2. 고장점에서의 전압파형

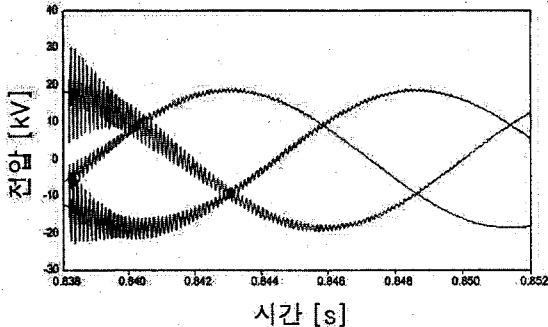


그림 3. 그림 2의 재폐로 시 서지파형 확대

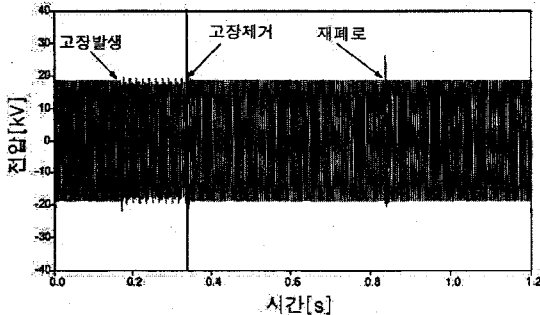


그림 4. 2단장주 구간, 상단에서의 전압파형

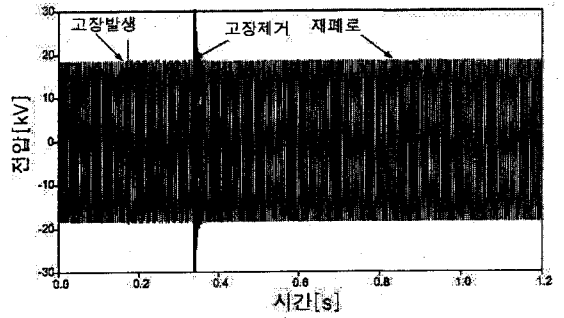


그림 5. 2단장주 구간, 하단에서의 전압파형

다음 그림 6, 8은 하단의 고장 중 Case 4에 대하여 모의한 결과를 나타낸 것이다.

그림 6을 통하여, 재폐로가 성공적으로 수행되었으며, 재폐로 시 1.55pu의 서지가 발생하였음을 알 수 있다. 또한, 상단에서는 그림 7과 같이 재폐로 시 서지가 발생하지 않았음을 알 수 있다. 2단장주의 하단구간에서는 그림 8과 같이 1.68pu의 서지가 발생하였다.

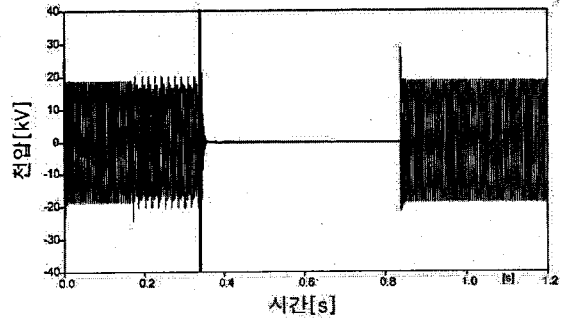


그림 6. 고장점에서의 전압파형

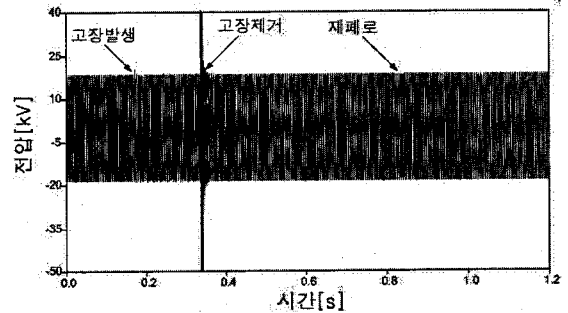


그림 7. 2단장주 구간, 상단에서의 전압파형

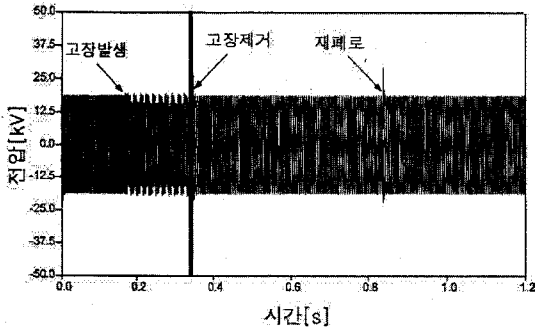


그림 8. 2단장주 구간, 하단에서의 전압파형

다음 표 2는 모든 시뮬레이션 Case에 대하여 고장점, 2단장주의 상단, 하단에서의 전압 파형에 대한 서지의 크기를 정리한 것이다. Case 1-3 및 Case 4-6의 고장점에서 서지 비교를 통하여 차단되는 부하의 양이 많을수록 고장점에서의 서지는 점점 작아지는 것을 알 수 있다. 또한, 고장점에서의 서지가 고장이 발생하지 않은 구간인 2단장주 구간에서의 서지보다 더 큰 것을 알 수 있다. 고장구간이 아닌 상대단에서는 재폐로 시 서지가 발생하지 않았음을 확인할 수 있다.

표 2. 재폐로 동작 시 고장점, 2단장주의 상단, 하단에서의 전압 파형에 대한 서지의 크기

시뮬레이션 Case	고장점에서의 서지	2단장주 구간, 상단에서의 서지	2단장주 구간, 하단에서의 서지
Case 1	1.61pu	1.4pu	1pu
Case 2	1.51pu	1.22pu	1pu
Case 3	1.45pu	1.21pu	1pu
Case 4	1.65pu	1pu	1.68pu
Case 5	1.6pu	1pu	1.59pu
Case 6	1.5pu	1pu	1.5pu

3. 결 론

본 논문에서는 중성선을 공유하는 2단장주 구간을 포함한 배전계통에서 재폐로 동작에 의해 발생하는 개폐서지를 분석하였다. EMTF를 이용하여 재폐로 동작을 모의하였으며, 차단되는 부하의 양에 따라 고장점, 2단장주 구간의 상하단에서 발생하는 서지의 크기를 분석하였다. 분석결과 개폐서지의 크기는 차단용량이 클수록 커졌으며 고장점에서 뿐만 아니라 2단장주 부분에서 서지가 발생함을 확인할 수 있었다. 그렇지만, 고장이 나지 않은 상대단에서는 서지가 발생하지 않음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2007-2-055)주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 대한전기학회, "최신 배전시스템 공학", pp. 330-331, 2006.
- [2] P.M. Anderson, "Power system protection", Vol. 1, pp. 3-4, 1998.
- [3] 임경섭, 성노규, 서준철, 김철환, "한전 실 배전계통에서 고장 시 순시전압강하 분석", 대한전기학회 하계학술대회, 1권, pp. 33, 2008.